

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah Lumpur

2.1.1 Pengertian Limbah Lumpur

Limbah cair merupakan gabungan atau campuran dari air dan bahan-bahan pencemar yang terbawa oleh air, baik dalam keadaan terlarut maupun tersuspensi yang terbuang dari sumber domestik (perkantoran, perumahan, dan perdagangan), sumber industri, dan pada saat tertentu tercampur dengan air tanah, air permukaan, ataupun air hujan (Soeparman dan Suparmin, 2002). Bahan yang sering ditemukan dalam limbah antara lain senyawa organik yang dapat terbiodegradasi, senyawa organik yang mudah menguap, senyawa organik yang sulit terurai (Rekalsitran), logam berat yang toksik, padatan tersuspensi, nutrien, mikrobial patogen, dan parasit (Waluyo, 2010). Menurut Chandra (2005), limbah cair merupakan salah satu jenis sampah. Adapun sampah (waste) adalah zat-zat atau benda-benda yang sudah tidak terpakai lagi, baik yang berasal dari rumah maupun sisa-sisa proses industri.

Lumpur didefinisikan sebagai zat sisa (residu), berupa material semi-*solid* yang berasal dari proses pengolahan limbah. Sistem pengolahan biologis yang paling banyak digunakan oleh industri adalah sistem lumpur aktif konvensional. Dalam semua sistem lumpur aktif, setelah air limbah telah menerima perawatan yang mencukupi, kelebihan *mixed liquor* (WAS) dibuang ke bak pengendap sekunder dan supernatan dilimpaskan untuk menjalani perawatan lebih lanjut sebelum dibuang (Metcalf and Eddy, 2003).

2.1.2 Karakteristik Limbah Lumpur

2.1.2.1 Fisika

a. Suhu

Suhu merupakan satuan derajat panas atau dingin. Kelarutan oksigen dalam air dipengaruhi oleh suhu, semakin tinggi suhu di dalam air maka kelarutan oksigen akan semakin kecil (Sawyer, 2003). Suhu maksimum yang diperbolehkan untuk baku mutu limbah cair industri berdasarkan PERGUB DKI No. 582 Tahun 1995 adalah 38°C.

b. kandungan Padatan

Kandungan padatan pada residual berbeda-beda, tergantung pada beberapa faktor yaitu dari karakteristik air baku, tipe dosis koagulan, mekanisme koagulasi, dan pH. Kandungan padatan pada aliran residual akan memberikan efek yang signifikan terhadap daya tahan tertentu dan proses *dewatering*. Kandungan padatan terdiri dari *Total Solid (TS)*,

Total Dissolved solid(TDS), Total Suspend Solid(TSS), dan Volatile Suspend Solid(VSS). Berdasarkan PERGUB DKI No. 582 Tahun 1995 baku mutu limbah industri untuk TSS sebesar 100 mg/l, untuk TDS sebesar 1000mg/l,

c. Kekeruhan

Kekeruhan merupakan sifat optis dari suatu larutan, yaitu hamburan dari absorpsi cahaya yang melaluinya. Kekeruhan berhubungan dengan kadar zat, ukuran dan bentuk butiran zat tersuspensi (Alearts dan Santika, 1987). Berdasarkan PERGUB DKI No. 582 Tahun 1995 baku mutu limbah industri untuk kekeruhan sebesar 100 NTU.

2.1.2.2 Kimia

a. pH

Kontrol pH pada air buangan juga diperlukan, penelitian telah membuktikan bahwa air buangan yang memiliki kandungan aluminium organik dan pH dibawah 6 akan membahayakan organisme perairan. Berdasarkan PERGUB DKI No. 582 Tahun 1995 baku mutu limbah industri untuk pH sebesar 6-8,5 .

b. *Biological Oxygen Demand (BOD)*

BOD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan mikroorganisme untuk mendekomposisi bahan organik secara aerobik dengan suhu 20°C. Berdasarkan PERGUB DKI No. 582 Tahun 1995 baku mutu limbah industri untuk BOD sebesar 75 mg/l.

c. *Chemical Oxygen Demand (COD)*

Nilai COD menunjukkan jumlah oksigen yang ekuivalen dengan bahan organik yang terurai dengan menggunakan senyawa kimia pottasium dikromat (Metcalf dan eddy, 2004). Batas maksimal bahan baku limbah industri berdasarkan PERGUB DKI No. 582 Tahun 1995 untuk COD sebesar 100 mg/l.

2.2. Koagulasi dan Flokulasi

2.2.1 Koagulasi

Menurut Manurung (2009), koagulasi adalah peristiwa destabilisasi dari pada partikel-partikel koloid di mana gaya tolak-menolak (repulsi) di antara partikel-partikel tersebut dikurangi ataupun dihilangkan. Partikel-partikel koloid yang terdapat dalam suatu wadah ataupun aliran air pada dasarnya bermuatan negatif pada permukaannya. Muatan ini menyebabkan gaya tolak-menolak di antara partikel-partikel sehingga menghalangi terjadinya agregasi dari pada partikel-partikel menjadi agregat yang lebih besar.

2.2.2 Flokulasi

Flokulasi berasal dari bahasa latin *flokulare* yang artinya membentuk suatu flock yang secara visual menyerupai suatu tumpukan dari wol atau struktur pori-pori yang banyak seratnya. Mekanisme flokulasi dengan polielektrolit adalah dengan cara adsorpsi dan jembatan antar partikel. Flokulasi yang bergantung pada keberadaan senyawa yang bertindak sebagai jembatan di antara partikel-partikel koloid yang menyatukan partikel-partikel tersebut dalam suatu massa yang lebih besar yang disebut jaringan flock. Jadi flokulasi adalah suatu proses pembentukan flock di mana terbentuk agregat atau gumpalan besar yang dapat dengan mudah dipindahkan dari larutan. Sedangkan flokulan adalah suatu zat atau senyawa yang dapat ditambahkan untuk terjadinya flokulasi. Flokulan biasanya merupakan polimer dengan berat molekul yang tinggi dan membentuk rantai yang cukup panjang untuk mengurangi gaya tolak-menolak di antara partikel-partikel koloid.

Bila molekul polimer bersentuhan dengan partikel koloid maka beberapa gugusnya akan teradsorpsi pada permukaan partikel dan sisanya tetap berada dalam partikel. Bila partikel kedua ini terikat pula pada bagian lain dari rantai polimer tersebut maka terjadi kompleks partikel dengan polimernya yang berfungsi sebagai jembatan. Proses flokulasi terdiri dari tiga langkah yaitu :

- 1) Pelarutan reagen melalui pengadukan cepat (1 menit : 100 rpm)
- 2) Pengadukan lambat untuk membentuk flock-flock (15 menit : 20 rpm)
- 3) Penghapusan flock-flock dengan koloid yang terkurung dari larutan melalui sedimentasi (15 – 20 menit : 0 rpm) (Manurung,2009).

2.3 Koagulan

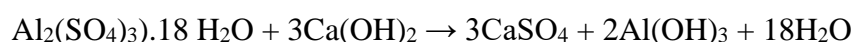
Senyawa koagulan adalah senyawa yang mempunyai kemampuan mendestabilisasi koloid dengan cara menetralkan muatan listrik pada permukaan koloid sehingga koloid dapat bergabung satu sama lain membentuk flock dengan ukuran yang lebih besar sehingga mudah mengendap. Penambahan dosis koagulan yang lebih tinggi tidak selalu menghasilkan kekeruhan yang lebih rendah. Dosis koagulan yang dibutuhkan untuk pengolahan air tidak dapat diperkirakan berdasarkan kekeruhan, tetapi harus ditentukan melalui percobaan pengolahan. Tidak setiap kekeruhan yang tinggi membutuhkan dosis koagulan yang tinggi. Jika kekeruhan dalam air lebih dominan disebabkan oleh lumpur halus atau lumpur kasar maka kebutuhan akan koagulan hanya sedikit, sedangkan kekeruhan air yang dominan disebabkan oleh koloid akan membutuhkan koagulan yang banyak.

Dengan penambahan koagulan seperti aluminium sulfat (tawas) ataupun feri klorida, koagulasi dapat berlangsung melalui salah satu mekanisme berikut ini :

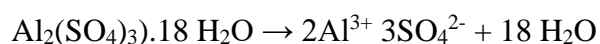
- Jika aluminium sulfat atau feri klorida ditambahkan dalam jumlah yang cukup, maka $\text{Al}(\text{OH})_3$ atau $\text{Fe}(\text{OH})_3$ akan mengendap. Partikel-partikel yang terdapat di dalam air terjaring ke dalam endapan-endapan ini yang mempunyai sifat mudah melekat sehingga agregasi dari pada flok dapat terjadi.
- Bilamana aluminium sulfat atau feri klorida ditambahkan ke dalam air, maka akan terbentuk sejumlah spesies yang bermuatan positif (Al^{3+} atau Fe^{3+}). Spesies ini akan teradsorpsi dengan mudah terhadap partikel koloid yang bermuatan negatif sehingga terjadi netralisasi muatan. Mekanisme ini dikenal sebagai adsorpsi destabilisasi.

2.4 Aluminium Sulfat atau Tawas ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$)

Aluminium sulfat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$), biasanya disebut tawas, bahan ini sering dipakai secara efektif untuk menurunkan kadar karbonat. Tawas berbentuk kristal atau bubuk putih, larut dalam air, tidak larut dalam alkohol, tidak mudah terbakar, ekonomis, mudah didapat dan mudah disimpan. Penggunaan tawas memiliki keuntungan yaitu harga relatif murah dan sudah dikenal luas. Namun ada juga kerugiannya, yaitu umumnya dipasok dalam bentuk padatan sehingga perlu waktu yang lama untuk proses pelarutannya (Budiyo, 2013). Jika aluminium sulfat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) ditambahkan ke dalam air dalam suasana basa (adanya alkalinitas) maka reaksi yang terjadi adalah :



Reaksi-reaksi antara aluminium sulfat dalam air dipengaruhi oleh banyak factor. Oleh karena itu sukar memperkirakan dengan akurat jumlah aluminium sulfat yang akan bereaksi dengan jumlah alkalinitas yang diberikan oleh kapur. Larutan aluminium sulfat dalam air menghasilkan (Jenita, 2016)



Menurut (Risianto, 2007) dosis penambahan PAC dalam lumpur limbah yang optimum digunakan yaitu 75-250 mg/L.

2.5 Filtrasi

2.5.1 Pengertian Filtrasi

Filtrasi adalah suatu proses dimana campuran yang heterogen antara *fluida* dan partikel - partikel padatan dipisahkan pada media filter atau medium penyaring yang meloloskan fluida tetapi menahan partikel - partikel padatan. *Fluida* yang difiltrasi dapat berupa cairan atau gas, aliran yang lolos dari saringan mungkin saja cairan, padatan, atau keduanya.

Fluida mengalir melalui media penyaring karena perbedaan tekanan yang melalui media tersebut. Penyaring dapat beroperasi pada :

- Tekanan di atas atmosfer pada bagian atas media penyaring,
- Tekanan operasi pada bagian atas media penyaring,
- Vakum pada bagian bawah.

Tekanan di atas atmosfer dapat dilakukan dengan gaya gravitasi pada cairan dalam suatu kolom, dengan menggunakan pompa atau blower, atau dengan gaya sentrifugal. Dalam suatu penyaring gravitasi media penyaring bisa jadi tidak lebih baik daripada saringan (*screen*) kasar atau dengan partikel kasar seperti pasir. Penyaring gravitasi dibatasi penggunaannya dalam industri untuk suatu aliran cairan kristal kasar, penjernihan air minum, dan pengolahan limbah cair (Mc, Cabe. 1993).

2.5.2 Jenis Jenis Filter

a. Filter klarifikasi

Filter ini dikenal juga sebagai filter hamparan tebal (*deep bed filter*), karena partikel-partikel zat padat terperangkap di dalam medium filter dan biasanya tidak ada lapisan zat padat yang terlihat dari permukaan medium. Filter ini biasanya digunakan untuk memisahkan zat padat yang kuantitasnya kecil dan menghasilkan gas yang bersih atau zat cair yang bening, seperti minuman. Klarifikasi berbeda dengan penapisan karena pori medium filter ini jauh lebih besar dari diameter partikel harus dipisahkan. partikel-partikel itu ditangkap oleh gaya-gaya permukaan dan dibuat tidak bisa bergerak di dalam saluran aliran, (seperti yang terlihat pada Gambar 2.1a) dan walaupun mengakibatkan diameter efektif saluran itu menjadi lebih kecil, namun biasanya tidak sampai menyebabkan saluran itu buntu.

b. Filter Ampas (Cake Filter)

Filter ampas digunakan untuk memisahkan zat padat yang kuantitasnya besar dalam bentuk ampas atau kristal ataupun Lumpur. Biasanya filter ini diperlengkapi untuk pencucian zat padat dan untuk mengeluarkan sebanyak-banyaknya sisa zat cair dari zat padat itu sebelum zat padat itu dikeluarkan dari filter. Medium filter pada filter ini relatif lebih tipis dibandingkan

dengan yang digunakan dalam medium filter klarifikasi (seperti terlihat pada Gambar 2.1b). Pada awal filtrasi sebagian partikel padat masuk ke dalam pori medium dan tidak dapat bergerak lagi, tetapi segera setelah itu bahan itu terkumpul pada permukaan septum. Setelah periode pendahuluan yang berlangsung beberapa saat itu, zat padat itulah yang melakukan filtrasi, bukan septum lagi. Ampas itu terlihat mengumpul sampai ketebalan tertentu pada permukaan itu dan harus sewaktu-waktu dikeluarkan. (MC Cabe,1990)

2.5.3 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Efisiensi Proses Filtrasi

a. Debit Filtrasi

Debit yang terlalu besar akan menyebabkan tidak berfungsinya filter secara efisien. Sehingga proses filtrasi tidak dapat terjadi dengan sempurna, akibat adanya aliran air yang terlalu cepat dalam melewati rongga diantara butiran media pasir. Hal ini menyebabkan berkurangnya waktu kontak antara permukaan butiran media penyaring dengan air yang akan disaring. Kecepatan aliran yang terlalu tinggi saat melewati rongga antar butiran menyebabkan partikel-partikel yang terlalu halus yang tersaring akan lolos.

b. Konsentrasi Kekeruhan

Konsentrasi kekeruhan sangat mempengaruhi efisiensi dari filtrasi. Konsentrasi kekeruhan air baku yang sangat tinggi akan menyebabkan tersumbatnya lubang pori dari media atau akan terjadi clogging. Sehingga dalam melakukan filtrasi sering dibatasi seberapa besar konsentrasi kekeruhan dari air baku (konsentrasi air influen) yang boleh masuk. Jika konsentrasi kekeruhan yang terlalu tinggi, harus dilakukan pengolahan terlebih dahulu, seperti misalnya dilakukan proses koagulasi – flokulasi dan sedimentasi.

c. Kedalaman media, ukuran, dan material

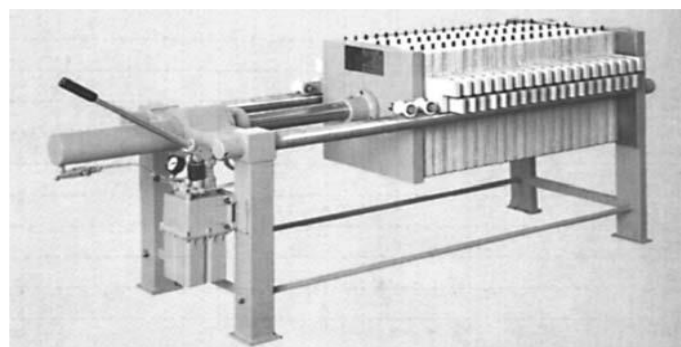
Tebal tipisnya media akan menentukan lamanya pengaliran dan daya saring. Media yang terlalu tebal biasanya mempunyai daya saring yang sangat tinggi, tetapi membutuhkan waktu pengaliran yang lama. Sebaliknya media yang terlalu tipis selain memiliki waktu pengaliran yang pendek, kemungkinan juga memiliki daya saring yang rendah. Demikian pula dengan ukuran besar kecilnya diameter butiran media filtrasi berpengaruh pada porositas, laju filtrasi, dan juga kemampuan daya saring, baik itu komposisinya, proporsinya, maupun bentuk susunan dari diameter butiran media. Keadaan media yang terlalu kasar atau terlalu halus akan menimbulkan variasi dalam ukuran rongga antar butir. Ukuran pori sendiri menentukan besarnya tingkat porositas dan kemampuan menyaring partikel halus yang terdapat dalam air baku. Lubang pori yang terlalu besar akan meningkatkan rate dari filtrasi dan juga akan menyebabkan lolosnya partikel halus yang akan disaring. Sebaliknya lubang pori yang terlalu

halus akan meningkatkan kemampuan menyaring partikel dan juga dapat menyebabkan clogging (penyumbatan lubang pori oleh partikel halus yang tertahan) terlalu cepat. (Arief, 2016).

2.6 Plate And Frame Filter Press

2.6.1 Pengertian Plate And Frame Filter Press

Plate dan frame filter press terdiri dari plate dan frame yang tergabung menjadi satu dengan kain saring pada tiap sisi plate. Plate memiliki saluran sehingga filtrat jernih dapat melewati tiap plate. Slurry dipompa menuju plate dan frame dan mengalir melalui saluran pada frame sehingga slurry memenuhi frame. Filtrat mengalir melalui kain saring dan padatan menumpuk dalam bentuk cake pada kain saring. Filtrat mengalir antara kain saring dan plate melalui saluran keluar. Filtrasi terus dilakukan hingga frame dipenuhi padatan. Kebanyakan filter memiliki saluran pengeluaran yang terpisah untuk tiap frame sehingga dapat dilihat apakah filtrat jernih atau tidak. Bila filtrat tidak jernih, mungkin disebabkan kain saring rusak atau sebab lainnya. Ketika frame sudah benar-benar terpisah plate dan frame dipisahkan dan cake dihilangkan, lalu filter dipasang lagi dan digunakan. Pada filter ini, filter cloth menutupi tiap sisi dari tiap plate, kemudian ditahan bersama-sama menjadi satu dengan tenaga mekanis dengan memakai suatu screw atau hidrolis. Cake kadang dicuci untuk membersihkannya dari solven dan impurities yang menempel pada cake. Sistem yang demikian disebut open-delivery. Plate memiliki saluran yang melewati filter cloth sehingga cairan filtrat yang bersih menuruni plate. Slurry dipompa masuk dan mengalir melalui saluran ke frame yang terbuka sehingga slurry mengisi frame. Filtrat akan melalui filter cloth dan padatan membentuk cake di sisi frame pada filter cloth. Filtrat mengalir di antara filter cloth dan permukaan plate ke arah saluran keluar. Proses filtrasi berlangsung sampai frame dipenuhi dengan padatan. (Geankoplis, 1993). Berikut merupakan gambar *Filter Press Plate and Frame*



Gambar 1. *Plate and frame filter press* (Matsson, 2017).

Teknik ini mulanya digunakan untuk residu hasil industri, namun kini digunakan juga untuk *dewatering* lumpur dari WTP. Residu dari WTP akan dipompa diantara dua piringan dengan tekanan yang tinggi ($350-1575 \text{ kN/m}^2$). Air akan melewati filter dan padatan akan tertahan. Tekanan akan bertahan hingga kandungan padatan telah mencapai kadar yang diperlukan (Aldeeb, A.A., 2000). Filtrat air tersebut akan memiliki kandungan padatan tersuspensi kurang dari 10 mg/L (Montgomery, 1985). Teknik ini memerlukan biaya operasi dan perawatan yang tinggi bila dibandingkan dengan sistem mekanikal *dewatering* lainnya.

Keuntungan dari plate and frame filter press yaitu pekerjaannya mudah hanya memerlukan tenaga terlatih biasa karena cara operasi alatnya sederhana, dapat langsung melihat hasil penyaringan yaitu keruh atau jernih, dapat digunakan pada tekanan yang tinggi, penambahan kapasitas mudah cukup dengan menambah jumlah plate dan frame tanpa menambah unit filter press, dapat digunakan untuk penyaringan larutan yang mempunyai viskositas yang tinggi, dan dapat dipakai untuk penyaringan larutan yang mengandung kadar koloid (kotoran) relatif rendah.

Kerugian dari plate and frame filter press ini adalah kemungkinan bocor banyak dan operasinya tidak kontinyu. Kerugian lain dari plate and frame filter press adalah tenaga kerja yang dibutuhkan banyak karena dibutuhkan untuk membongkar dan memasang filter, selain itu membutuhkan waktu yang lama (Matsson, 2017).

2.6.2 Pengoperasian Plate and Frame Filter Press

Pada filtrasi dengan pres filter horizontal, suspensi masuk pada bagian kepala melalui saluran yang terbentuk oleh lubang - lubang di bagian atas plat. Pada press filter bingkai, suspensi mengalir melalui bingkai - bingkai, sedangkan pada press filter kamar, suspensi mengalir di antara plat - plat yang masuk ke dalam ruang filtrasi yang sesungguhnya. Filtrat menerobos kedua sisi kain filter, kemudian mengalir ke belakang kain filter sepanjang alur - alur plat turun ke dalam saluran. Saluran ini terbentuk dari lubang - lubang pada plat. Pada sistem tertutup filtrat keluar di bagian kepala, sedangkan pada sistem terbuka filtrat mengalir dari masing - masing plat melalui sebuah kran atau selang ke dalam saluran terbuka yang terletak di luar alat pres.

Seringkali cara kerja sistem tertutup maupun sistem terbuka dapat diterapkan pada alat yang sama dengan memasang saluran pembuangan khusus dan kran bercabang tiga. Keuntungan filtrasi dengan saluran keluar yang terbuka adalah bila suatu kain filter mengalami kerusakan, maka gangguan ini segera dapat diatasi, sedangkan filtrasi dengan pembuangan tertutup sesuai untuk bahan - bahan yang mengandung racun dan berbau menyengat (Nicholas, P. Cheremisinoff, 1998).